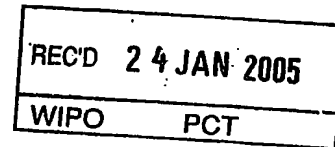


**BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND****Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 10 2004 006 449.0

**Anmeldetag:** 03. Februar 2004

**Anmelder/Inhaber:** ebm-papst St. Georgen GmbH & Co KG,  
78112 St. Georgen/DE

**Bezeichnung:** Elektronisch kommutierter Motor und Verfahren  
zur Steuerung eines solchen

**IPC:** H 02 P 6/14

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 08. Dezember 2004  
Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident  
Im Auftrag

AGURKS

**PRIORITY  
DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

P61.12D313

3.2.2004

**Anmelderin:** ebm-papst St. Georgen GmbH & Co. KG  
Hermann-Papst-Straße 1  
78112 St. Georgen

**Bezeichnung:** Elektronisch kommutierten Motor und Verfahren zur Steuerung eines solchen

#### **Zusammenfassung**

Die Erfindung betrifft einen elektronisch kommutierten Motor (10) und ein Verfahren zur Steuerung eines elektronisch kommutierten Motors (10). Um Kommutierungsgeräusche zu verringern wird vorgeschlagen, mit Hilfe eines Bauelementes (48) den Arbeitsbereich der Endstufentransistoren (20, 22) derart zu beeinflussen, dass sie einen während der jeweiligen Bestromung im Wesentlichen konstanten Strom durch die Statorwicklung (12, 14) bewirken.

(Hierzu Fig. 2)

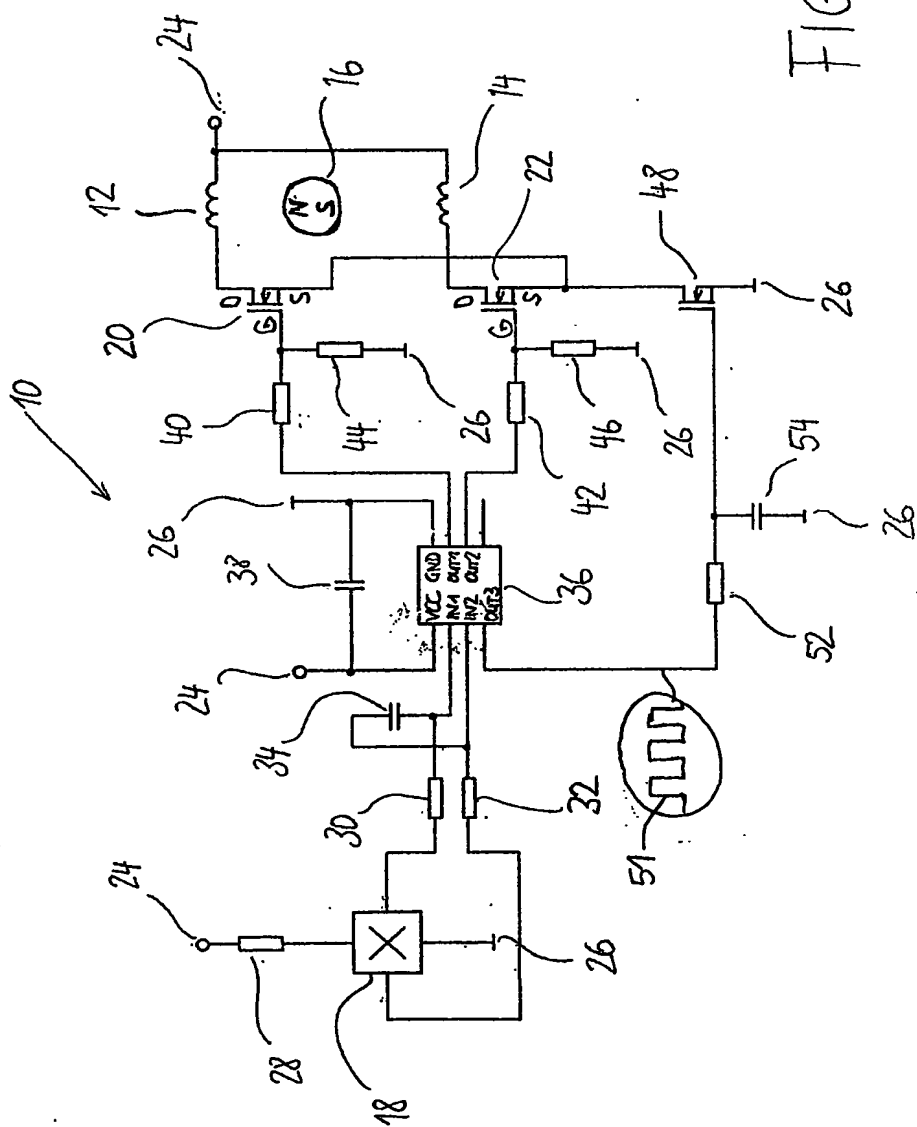


FIG. 2

P61.12D313

3.2.2004

### **Elektronisch kommutierter Motor und Verfahren zur Steuerung eines solchen**

Die Erfindung betrifft einen elektronisch kommutierten Motor und ein Verfahren zur Steuerung eines elektronisch kommutierten Motors.

Bei solchen Motoren ist für eine Vielzahl von Anwendungsfällen das Auftreten von Kommutierungsgeräuschen problematisch. Aus dem Stand der Technik ist hierfür eine Reihe von Lösungsansätzen bekannt. Allen Lösungsansätzen ist es gemein, dass sie sehr aufwändig und kostenintensiv sind.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, Kommutierungsgeräusche zu verringern. Diese Aufgabe wird durch einen Motor nach Anspruch 1 bzw. durch ein Verfahren nach Anspruch 6 gelöst.

Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass eine geräuscharme Kommutierung durch einen zumindest während der Einschaltdauer der Statorwicklung im Wesentlichen konstanten Strom durch die Statorwicklung erreicht werden kann. Ein Grundgedanke der Erfindung besteht nun darin, den Arbeitsbereich des der Statorwicklung zugeordneten Feldeffekttransistors derart zu beeinflussen, dass er einen während der jeweiligen Bestromung im Wesentlichen konstanten Strom durch die Statorwicklung erzeugt. Hierfür ist ein dazu ausgebildetes Bauelement vorgesehen.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist das Bauelement derart ausgebildet, dass der Feldeffekttransistor als Abschnürstromquelle betrieben wird.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung weist das Bauelement einen Transistor auf. Mit anderen Worten erfolgt das Versetzen des der Statorwicklung zugeordneten Feldeffekttransistors in den Abschnürbereich mit Hilfe eines weiteren Transistors. Dieser weitere Transistor wird vorzugsweise mittels eines regelbaren Widerstandes oder mittels eines Mikrocontrollers angesteuert. Diese Ansteuerung führt zu einer Änderung der Leitfähigkeit des Transistors, was zu dem Verschieben des Arbeitspunktes in den gewünschten Bereich führt. Durch die Ansteuerung des Transistors wird die Stromstärke durch die Statorwicklung und damit die Drehzahl des Motors geändert.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist es vorgesehen, den Strom in der Statorwicklung während des Betriebes des Motors dauerhaft im Wesentlichen konstant zu halten.

Gegenüber bekannten Lösungsansätzen wird eine geräuscharme Kommutierung erfindungsgemäß mit einem vergleichsweise geringen Materialaufwand und unter Verwendung einer vergleichsweise einfachen Schaltung ermöglicht. Die Erfindung ist dabei nicht auf einen bestimmten Motorentyp beschränkt.

Weitere Einzelheiten und vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den im Folgenden beschriebenen und in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispielen. Es zeigt:

Fig. 1 ein stark vereinfachtes Schaltbild eines elektronisch kommutierten Motors gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung,

Fig. 2 ein stark vereinfachtes Schaltbild eines elektronisch kommutierten Motors gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung,

Fig. 3 eine schematische Darstellung des Kommutierungsstromes durch eine Statorwicklung nach dem Stand der Technik (Kurve A) sowie nach Ausführungsformen der Erfindung (Kurven B und C),

Fig. 4 ein stark vereinfachtes Schaltbild eines elektronisch kommutierten Motors gemäß einer dritten Ausführungsform der Erfindung, und

Fig. 5 ein Kennlinienfeld eines n-Kanal-Feldeffekttransistors.

Fig. 1 zeigt eine beispielhafte Darstellung eines zweisträngigen Elektromotors, wie er mit der vorliegenden Erfindung verwendet werden kann. Der elektronisch kommutierte Gleichstrommotor 10 weist zwei Statorwicklungsstränge 12, 14 und einen (nur symbolisch dargestellten) permanentmagnetischen Rotor 16 auf. In der Nähe des Rotors 16 ist ein Hallgenerator 18 angeordnet. Aus Gründen der Übersichtlichkeit ist dieser in dem vorliegenden Schaltbild an anderer Stelle abgebildet. Der Strang 12 liegt in Serie mit einem ersten Endstufentransistor 20 (MOSFET) und der Strang 14 liegt in Serie mit einem zweiten Endstufentransistor 22 (MOSFET). Die Stränge 12, 14 sind mit einer Plusleitung 24 verbunden. Plusleitung 24 und Minusleitung 26 sind im Betrieb mit einem Netzgerät (nicht dargestellt) oder einer Batterie verbunden. Die Stränge 12, 14 sind gewöhnlich über das Eisen des Statorblechpaketes transformatorisch miteinander gekoppelt.

Der Hallgenerator 18 ist einerseits über einen Widerstand 28 mit der Plusleitung 24 sowie andererseits mit der Minusleitung 26 verbunden. Das Ausgangssignal des Hallgenerators 18 wird über Widerstände 30, 32 und einen Kondensator 34 den beiden Eingängen IN1 und IN2 eines Mikrocontrollers ( $\mu$ C) 36 zugeführt. Der  $\mu$ C 36 ist mit seinem Anschluss VCC an die Plusleitung 24 und mit seinem Anschluss GND an die Minusleitung 26 angeschlossen. Zwischen Plusleitung 24 und Minusleitung 26 ist ein Speicherkondensator 38 angeordnet. Der  $\mu$ C 36 erzeugt Signale OUT1 und OUT2 zur Steuerung der Endstufentransistoren 20, 22 und bewirkt gleichzeitig eine Blockiersicherung des Motors 10. Die Steuersignale werden dabei mittels in dem  $\mu$ C 36 ablaufenden Programm- oder Steuerrouinen erzeugt. Das Signal OUT1 wird über einen Widerstand 40 dem Gate des Endstufentransistors 20 zugeführt. In gleicher Weise wird das Signal OUT2 über einen Widerstand 42 dem Gate des Endstufentransistors 22 zugeführt. Das Gate des Endstufentransistors 20 ist über einen Widerstand 44 mit der Minusleitung 26 verbunden. In gleicher Weise ist das Gate des Endstufentransistors 22 über einen Widerstand 46 mit der Minusleitung 26 verbunden.

Die Sourceanschlüsse S der Endstufentransistoren 20, 22 sind über einen Steuertransistor 48 (MOSFET) mit der Minusleitung 26 verbunden. Das Gate G des Steuertransistors 48 ist mit einem zwischen Plusleitung 24 und Minusleitung 26 angeordneten regelbaren Widerstand 50 verbunden. Erfindungsgemäß werden die Endstufentransistoren 20, 22 durch den Steuertransistor 48 im Sourcebereich jeweils derart angesteuert, dass der Strom durch die Statorwicklungen 12, 14 zumindest während der Kommutierung im Wesentlichen konstant ist. Hierzu werden die Endstufentransistoren 20, 22 als Abschnürstromquelle betrieben, vgl. Tietze/Schenk, Halbleiter-Schaltungstechnik, 12. Auflage, S. 411f. Erfolgt die Ansteuerung beispielsweise des Endstufentransistors 20 durch das Steuersignal OUT1, so wirkt der Steuertransistor 48 als Widerstand gegen Masse. Die Stromstärke durch die Statorwicklungen 12, 14 und damit die Drehzahl des Motors 10 lässt sich in dieser Ausführungsform der Erfindung durch den regelbaren Widerstand 50 am Gate des Steuertransistors 48 einstellen. Diese Ausführungsform ist besonders für solche Anwendungsfälle geeignet, bei denen eine Änderung der Motordrehzahl während des Betriebes nicht erforderlich ist.

**Fig. 5** zeigt ein Ausgangskennlinienfeld eines n-Kanal-Feldeffekttransistors mit vier Kennlinien 311, 312, 313 und 314. Es ist für vier verschiedene Gate-Source-Spannungen  $U_{GS} = 2,5 \text{ V}$ ,  $3,0 \text{ V}$ ,  $3,5 \text{ V}$  und  $4,0 \text{ V}$  der Drain-Strom  $I_D$  als Funktion der Drain-Source-Spannung  $U_{DS}$  aufgetragen. Das Kennlinienfeld zeigt einen ohmschen Bereich (ohmic region, triode region) OB 300, in dem die Kennlinien 311 bis 314 beim Ursprung  $U_{DS} = 0 \text{ V}$  nahezu linear durch den Ursprung verlaufen und damit ein Verhalten wie bei einem ohmschen Widerstand vorliegt. Neben dem ohmschen Bereich OB 300 gibt es einen so genannten Abschnürbereich AB 302, in dem die Kennlinien 311 bis 314 einen nahezu konstanten Drainstrom  $I_D$  aufweisen. Eine Linie 301 markiert die Grenze zwischen dem ohmschen Bereich OB 300 und dem Abschnürbereich AB 302.

Über den Steuertransistor 48 aus Fig. 1 wird erreicht, dass die Drain-Source-Spannung  $U_{DS}$  geändert wird, und damit wird auch die Höhe des Stroms (i) durch die Statorwicklung 12 beeinflusst. Da die Grenze 301 zwischen dem ohmschen

Bereich OB 300 und dem Abschnürbereich AB 302 ebenfalls abhängig von der Drain-Source-Spannung  $U_{DS}$  ist, wird gegebenenfalls auch erreicht, dass die Transistoren 20, 22 im Abschnürbereich arbeiten.

Alle Typen von Feldeffekttransistoren weisen einen solchen Abschnürbereich auf.

**Fig. 2** zeigt das Schaltbild eines erfindungsgemäßen Motors 10 in einer zweiten Ausführungsform, bei der eine Regelung der Motordrehzahl problemlos möglich ist.

Für diese variable Steuerung ist das Gate G des Steuertransistors 48 über einen aus einem Widerstand 52 und einem Kondensator 54 gebildeten Tiefpassfilter mit dem Ausgang OUT 3 eines  $\mu C$  36 verbunden. Der Tiefpassfilter wandelt dabei die digitalen Steuersignale 51 des  $\mu C$  36 in ein analoges Spannungssignal um, dessen Höhe vom Tastverhältnis der Steuersignale 51 abhängig ist. Die übrige Schaltungsanordnung entspricht der aus Fig. 1. Durch eine entsprechende Ansteuerung des Steuertransistors 48 wird sichergestellt, dass der Strom durch die Statorwicklungen 12, 14 im Wesentlichen konstant ist. Die Änderung der Leitfähigkeit des Steuertransistors 48 und damit eine Änderung der Motordrehzahl erfolgt entsprechend der in dem  $\mu C$  36 ablaufenden Programm- oder Steuerrouinen.

Wird der Steuertransistor 48 derart angesteuert, dass er einen hohen Widerstand und damit eine schlechte Leitfähigkeit aufweist, steigt das Potential an der Source des jeweiligen Endstufentransistors 20, 22. Es fließt weniger Strom durch den Endstufentransistor 20, 22. Er geht in den Abschnürbereich über.

Wird der Steuertransistor 48 derart angesteuert, dass er einen geringen Widerstand und damit eine hohe Leitfähigkeit aufweist, ist das an der Source des jeweiligen Endstufentransistors 20, 22 anliegende Potential gering. Die damit verbundene hohe Gate-Source-Spannung führt zu einer entsprechend hohen Stromstärke in der Statorwicklung 12, 14.



Wie in **Fig. 3** dargestellt, wird mit der vorliegenden Erfindung ein Glätten der Stromkennlinie erreicht. Im Gegensatz zu herkömmlichen Kommutierungsverfahren (Kurve A) wird der Strom durch eine Statorwicklung erfindungsgemäß entweder während der Bestromung (Kurve B) oder während des gesamten Betriebes des Motors (Kurve C) im Wesentlichen konstant gehalten.

**Fig. 4** zeigt ein erfindungsgemäßes Ausführungsbeispiel einer Vollbrückenschaltung für einen dreiphasigen elektronisch kommutierten Motor 10'.

Gleiche bzw. gleich wirkende Bauteile sind mit den gleichen Bezugszeichen versehen und werden nicht nochmals erläutert.

Der Stator 220 weist drei sternförmig geschaltete Wicklungsstränge 221, 222, 223 auf, welche zwischen einem Sternpunkt 224 und den Wicklungsanschlüssen L1, L2 und L3 geschaltet sind.

Die Endstufe 200 ist als Vollbrücke ausgebildet und weist drei obere Transistoren 201, 202, 203 auf, welche zwischen der Plusleitung 24 und den Wicklungsanschlüssen L1, L2 bzw. L3 geschaltet sind, sowie drei untere Transistoren 204, 205, 206, welche zwischen den Wicklungsanschlüssen L1, L2 bzw. L3 und dem Steuertransistor 48 geschaltet sind.

Die Gate-Anschlüsse G der Endstufentransistoren 201 bis 206 werden über Anschlüsse 211 bis 216 durch eine Endstufenansteuerung 210 gesteuert.

Der Steuertransistor 48 wird derart eingestellt, dass die unteren Transistoren 204, 205, 206 jeweils im Abschnürbereich arbeiten.

Die Kommutierung erfolgt durch die Besteuerung der Endstufentransistoren 211 bis 216 und damit der Wicklungsanschlüsse L1, L2, L3 in Abhängigkeit von der Stellung des Rotors 16'.

Dabei werden in einer bevorzugten Ausführungsform die jeweiligen oberen Transistoren 201, 202, 203 bzw. unteren Transistoren 204, 205, 206 während der gesamten Kommutierungsdauer leitend geschaltet. In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform sind bei einem Bestromungswechsel Kommutierungspausen vorgesehen, um einen Kurzschluss zu vermeiden. Weiterhin ist es möglich, die oberen Transistoren 201, 202, 203 mit einem getakteten Steuersignal 201, 202, 203 zu steuern.

Naturgemäß sind im Rahmen der vorliegenden Erfindung vielfache Abwandlungen und Modifikationen möglich.

## Bezugszeichenliste

10	Motor
10'	Motor
12	Statorwicklung
14	Statorwicklung
16	Rotor
16'	Rotor
18	Hallsensor
20	Endstufentransistor
22	Endstufentransistor
24	Plusleitung
26	Minusleitung
28	Widerstand
30	Widerstand
32	Widerstand
34	Kondensator
36	Mikrocontroller
38	Kondensator
40	Widerstand
42	Widerstand
44	Widerstand
46	Widerstand
48	Steuertransistor
50	Widerstand
51	Steuersignale
52	Widerstand
54	Kondensator
200	Endstufe
201	Endstufentransistor
202	Endstufentransistor
203	Endstufentransistor

204	Endstufentransistor
205	Endstufentransistor
206	Endstufentransistor
210	Endstufenansteuerung
211	Anschluss
212	Anschluss
213	Anschluss
214	Anschluss
215	Anschluss
216	Anschluss
220	Stator
221	Wicklungsstrang
222	Wicklungsstrang
223	Wicklungsstrang
224	Sternpunkt
300	Ohmscher Bereich OB
301	Grenzlinie
302	Abschnürbereich AB
311	Kennlinie
312	Kennlinie
313	Kennlinie
314	Kennlinie

### Patentansprüche

1. Elektronisch kommutierter Motor (10),  
mit einem Rotor (16) und einem Stator, welcher Stator mindestens eine  
Statorwicklung (12, 14) aufweist,  
mit einem Feldeffekttransistor (20, 22) zur Kommutierung des Stromes (i) in der  
Statorwicklung (12, 14), und  
mit einem Bauelement zum Beeinflussen des Arbeitsbereiches dieses  
Feldeffekttransistors (20, 22) derart, dass er einen während der jeweiligen  
Bestromung im Wesentlichen konstanten Strom (i) durch die Statorwicklung (12,  
14) bewirkt.
2. Motor (10) nach Anspruch 1, bei welchem das Bauelement dazu ausgebildet ist,  
den Feldeffekttransistor (20, 22) als Abschnürstromquelle zu betreiben.
3. Motor (10) nach Anspruch 1 oder 2, bei welchem das Bauelement einen  
Steuertransistor (48) aufweist.
4. Motor (10) nach Anspruch 3, bei welchem das Bauelement einen den  
Steuertransistor (48) ansteuernden regelbaren Widerstand (50) aufweist.
5. Motor (10) nach Anspruch 3, bei welchem das Bauelement mit einem den  
Steuertransistor (48) ansteuernden Mikrocontroller (36) verbunden ist.

6. Verfahren zur Steuerung eines elektronisch kommutierten Motors (10), welcher einen Rotor (16) und einen Stator aufweist, welcher Stator mindestens eine Statorwicklung (12, 14) aufweist, ferner mit einem Feldeffekttransistor (20, 22) und einem Bauelement zur Beeinflussung des Arbeitspunktes des Feldeffekttransistors (20, 22), mit den folgenden Schritten:

- a) der Strom (i) in der Statorwicklung (12, 14) wird durch den Feldeffekttransistor (20, 22) gesteuert,
- b) der Arbeitsbereich des Feldeffekttransistors (20, 22) wird durch das Bauelement derart beeinflusst, dass der Feldeffekttransistor (20, 22) während der Bestromung der Statorwicklung (12, 14) einen im Wesentlichen konstanten Strom (i) durch die Statorwicklung (12, 14) bewirkt.

7. Verfahren nach Anspruch 6, bei welchem der Feldeffekttransistor (20, 22) als Abschnürstromquelle betrieben wird.

8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, bei welchem für eine Änderung der Stromstärke in der Statorwicklung (12, 14) ein Ansteuern des Bauelementes durch einen Mikrocontroller (36) erfolgt.

10

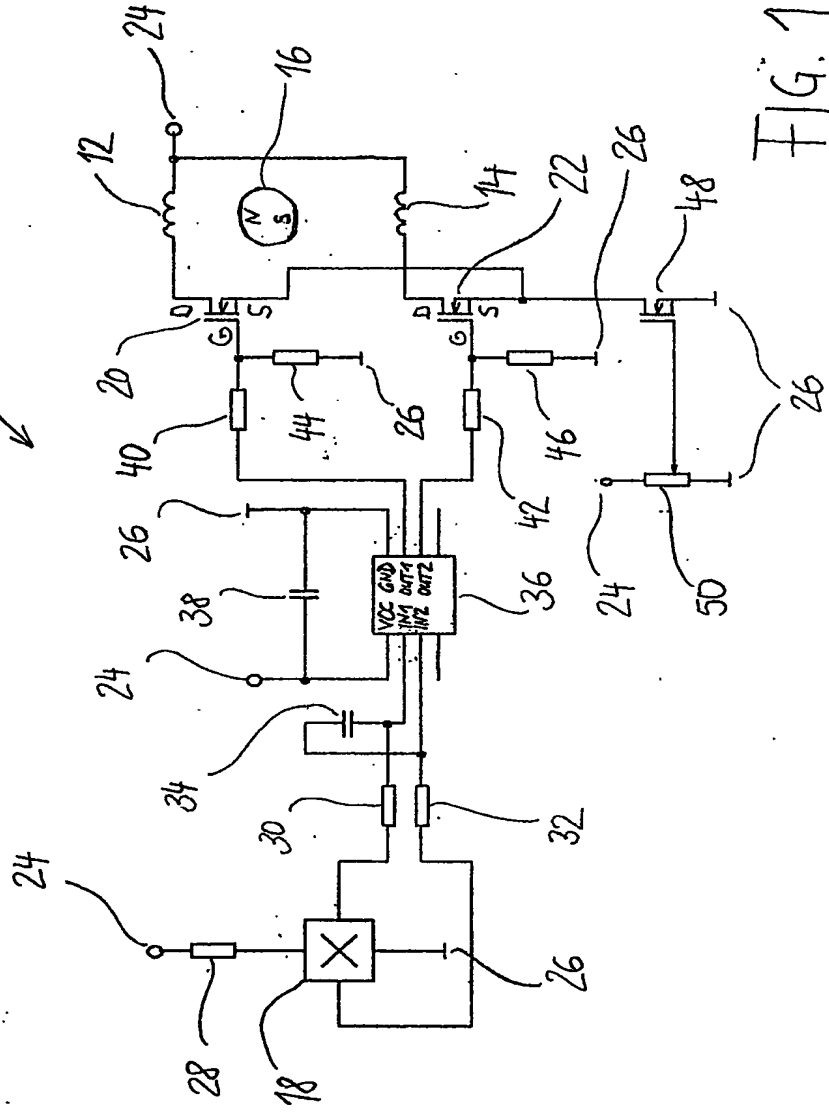


FIG. 1

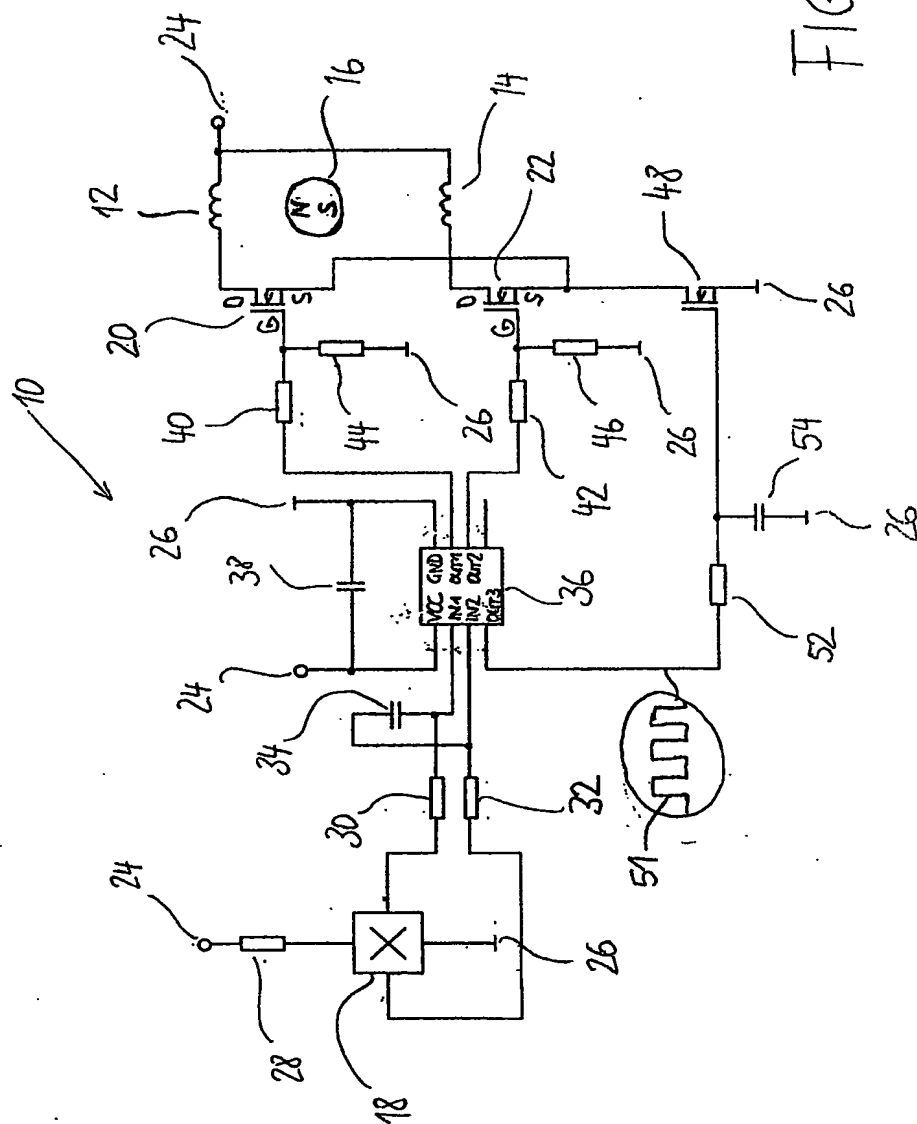


FIG. 2



315

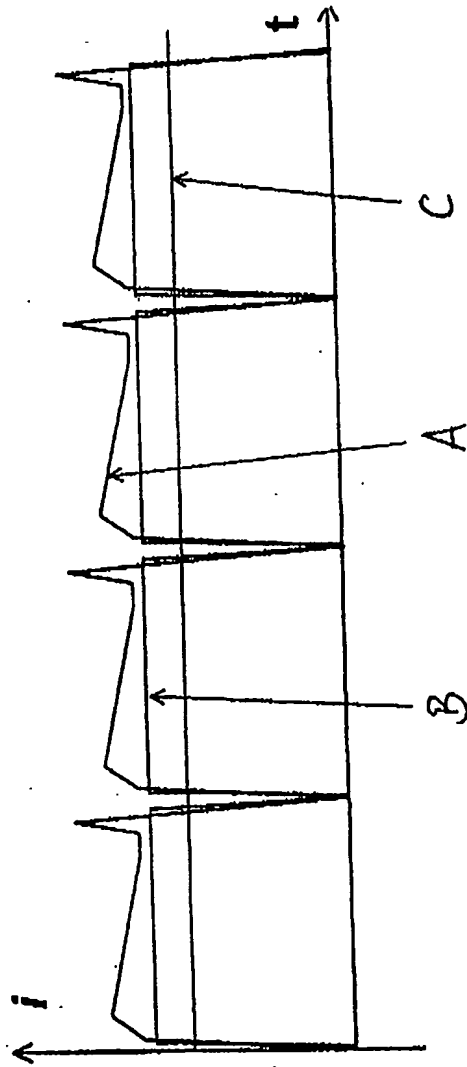


FIG. 3

415

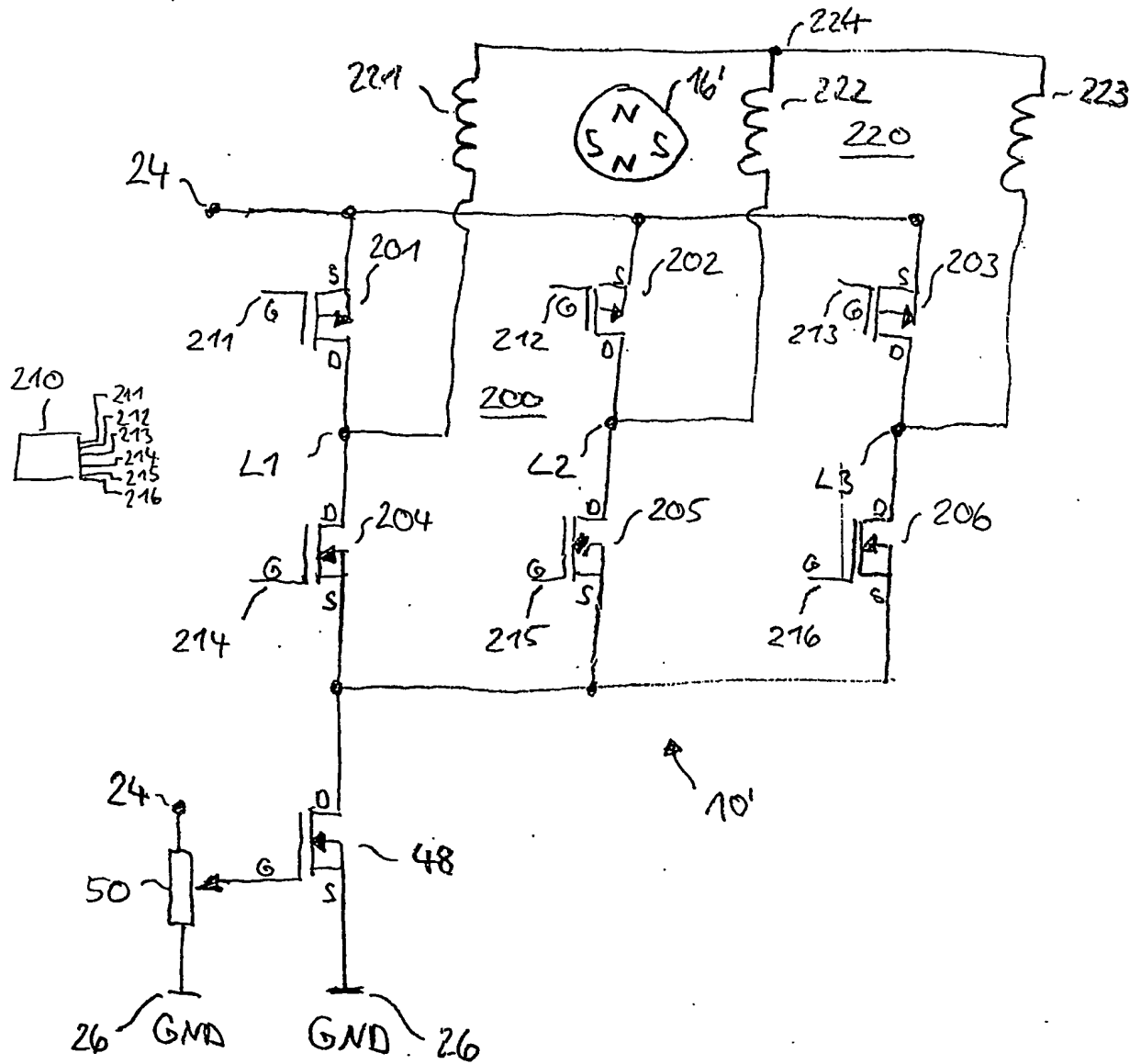


Fig. 4

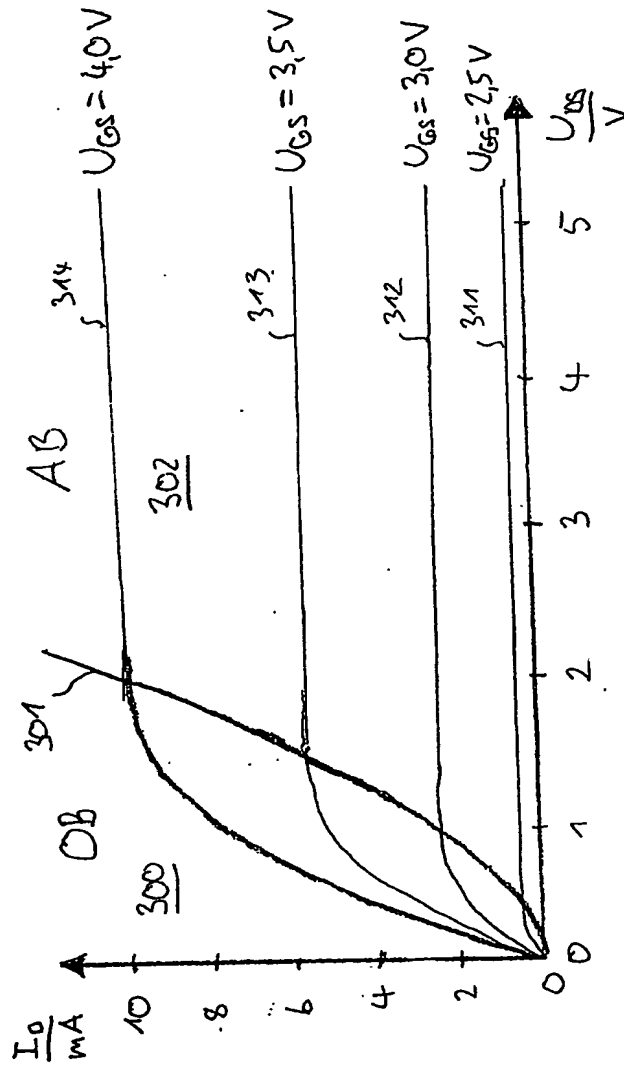


Fig. 5